

**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO DEPÓSITO DE PATENTE DE
ANÉIS DE PISTÃO COM BASE EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS
STUDY OF THE ECONOMIC FEASIBILITY OF PISTON RING PATENT
FILING BASED ON POLYMER COMPOSITES**

Recebido: 18/08/2017 – Aprovado: 29/10/2017 – Publicado: 10/12/2017

Processo de Avaliação: Double Blind Review

Claudio Dalmolim¹

Mestre em Ciências – Tecnologia Nuclear pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen)

Professor no Instituto Paulista de Ensino (Fipen)

Jesualdo Luiz Rossi²

Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade de Manchester, Inglaterra

Pesquisador Titular III pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen)

RESUMO

A indústria automotiva tem buscado constantemente melhorias de seus produtos, quer seja por meio da inovação tecnológica ou da melhoria de seus processos produtivos. Materiais mais duráveis que tragam economia de escala, menor consumo e custos de fabricação cada vez mais enxutos são objeto de pesquisas contínuas. Os motores dos automóveis são parte integrante desta busca e o seu funcionamento cada vez mais eficiente, aliado a uma boa relação custo-benefício são alvo de investigação. O objetivo deste artigo é explorar as características de materiais compósitos poliméricos, sua utilização como anéis de pistão de motores de veículos e, em especial, a viabilidade do depósito de sua patente. As organizações demonstram estar cada vez mais complexas e sua longevidade depende de uma observação clara do cenário onde estão atuando e

¹ Autor para correspondência: Fipen – Faculdade Instituto Paulista de Ensino. R. Euclides da Cunha, 377, Centro. CEP 06016-030 – Osasco, SP, Brasil. E-mail: dalmolim@outlook.com

² Autor para correspondência: jelrossi@ipen.br



tomadas de decisão cada vez mais embasadas na experiência e na percepção de suas realidades. Para tanto, foram consultados livros e artigos que possibilitaram a análise desejada. Como resultado, obteve-se uma visão generalista de como os compósitos poliméricos podem contribuir para se atingir os parâmetros esperados.

Palavras-chaves: anel de pistão; compósitos poliméricos; patentes.

ABSTRACT

The automotive industry has constantly sought improvements in its products, whether through technological innovation or the improvement of its production processes. More durable materials that bring economies of scale, lower consumption, and ever-shorter manufacturing costs are the subject of ongoing research. Automotive engines are an integral part of this search and its increasingly efficient, cost-effective operation is under investigation. The purpose of this paper is to explore the characteristics of polymer composites, their use as vehicle engine piston rings and the feasibility of filing their patent. Organizations are increasingly complex and their longevity depends on a clear observation of the setting where they are acting and decision-making increasingly based on experience and the perception of their realities. In order to do so, books and articles were consulted that allowed the desired analysis. As a result, a generalist view was obtained on how polymer composites can contribute to achieve the expected parameters.

Keywords: piston ring; polymer composites; patents.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de compósitos poliméricos está presente no cotidiano do ser humano há muito tempo. Novos materiais surgem com frequência, em busca de características únicas de acordo com as necessidades, quer seja em função de uma boa condutividade térmica e elétrica, propriedades mecânicas, resistência à corrosão, processo de fabricação ou pelo seu custo-benefício.

A indústria automobilística é um forte consumidor desses materiais e um incentivador constante na busca de novas soluções. Em especial, o uso de compósitos poliméricos como anéis de pistão em motores de veículos ainda não foi devidamente explorado. Isso se deve principalmente pelas características tribológicas necessárias. Para Myshkin, Pesetskii e Grigoriev (2015), a tribologia de polímeros está baseada nas análises de abrasão, adesão e fadiga de materiais poliméricos em contato de fricção. Quando se fala dos anéis em questão as solicitações são intensas podendo chegar a cinco mil passagens por minuto.

A figura 1 mostra o posicionamento dos anéis em um pistão de ciclo diesel e sua evolução desde a década de cinquenta.

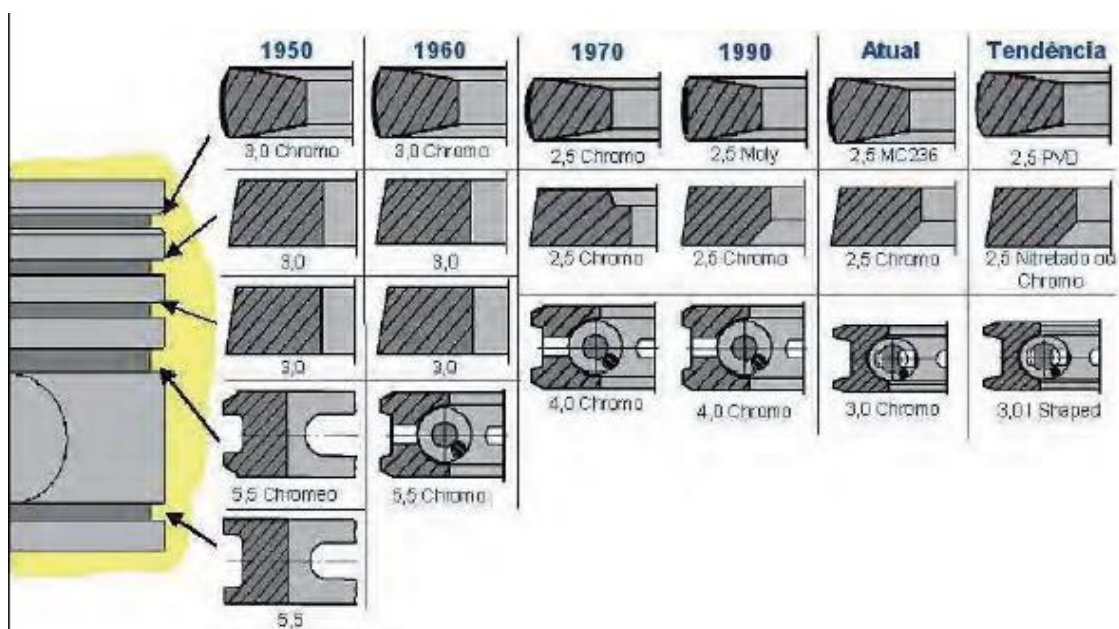


Figura 1 Posicionamento dos anéis em um pistão e sua evolução.

Fonte: Mahle... (2016).

Como se não bastasse a evolução tecnológica de um produto, a viabilidade econômica do depósito de patentes é outro fator que pode inviabilizar o uso econômico deste no mercado. Segundo o site do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (Inpi) (2017), patente é um título de propriedade temporária sobre uma invenção ou modelo de utilidade, outorgado pelo Estado aos detentores de direitos sobre a criação. Com este direito pode-se impedir terceiros, sem o devido consentimento, de produzir, vender, usar, importar o objeto da patente. Mas, para tanto, o conteúdo técnico da matéria protegida tem que ser detalhado oficialmente.

Os tipos de patentes explorados por este trabalho são: Patente de Invenção (PI, validade 20 anos a partir do depósito) e Modelo de Utilidade (MU, 15 anos). Enquanto a PI especifica uma invenção que atenda aos requisitos de novidade, atividade inventiva e aplicação industrial, a MU trata da proteção a uma inovação em equipamento ou produto já existente.

O objetivo deste artigo é explorar as características de materiais compósitos poliméricos, sua utilização como anéis de pistão de motores de veículos e a viabilidade do depósito de sua patente.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Os anéis de pistão são responsáveis pela vedação entre o pistão e o corpo para o óleo não chegar ao local onde está tendo a explosão do combustível. Também devem ter as características de redução do atrito, maior resistência ao desgaste e propiciar um menor consumo de óleo.

Existem basicamente três tipos de anéis de pistão:

1. de compressão, que tem a função de evitar a passagem da mistura durante a compressão ou explosão do pistão;
2. raspador, que raspa o excesso de óleo;
3. de lubrificação, que na verdade é um conjunto de dois anéis finos e uma mola no meio para permitir a lubrificação pelo óleo.

Esses anéis podem ser feitos atualmente de ferro fundido cinzento, ferro fundido nodular ou aço, todos com os mais diversos revestimentos, de acordo com a solicitação a que o anel está sujeito.

Na zona de trabalho dos anéis pode-se ter temperaturas de até quinhentos graus célsius, e este dado é importante para a escolha do compósito polimérico.

A coleta de dados tribológicos é essencial para a determinação de um bom anel e pode ser feita através de várias técnicas. Segundo Nirmal, Hashim e Lau (2011), podemos utilizar diversos equipamentos:

- roda de borracha em areia seca;
- pino no tambor;
- máquina de tribo linear;
- bloco no anel;
- pino no disco;
- bloco no disco.

Não é objeto deste trabalho discorrer sobre o funcionamento de cada equipamento de teste tribológico. No entanto, pode-se afirmar que a escolha do referido equipamento e da técnica são fatores determinantes para a validade dos dados coletados e sua posterior análise. Assim, são levados em consideração o:

- Desempenho ao desgaste, que é a tendência do material de perder peso pela remoção ou deformação do material com a superfície de contato;

- Desempenho de fricção, que pode ser definido como a força de resistência quando da existência de dois corpos deslizantes;
- Desempenho de temperatura, que pode se incrementar quanto mais seco é o contato entre os corpos deslizantes;
- Perfil de rugosidade, que retrata o grau de abrasividade.

2.1 TIPOS DE POLÍMEROS QUE PODEM SER UTILIZADOS NA MATRIZ POLIMÉRICA

Como citado anteriormente, um anel de pistão pode estar sujeito a temperaturas de até quinhentos graus célsius. Este fator limita em muito a utilização de compostos poliméricos, em especial quando se fala dos polímeros que compõem a matriz que, em muitos casos, não conseguem atingir esta temperatura sem que suas características físico-químicas fiquem alteradas.

Segundo Rymuza (2007), o crescimento do uso dos polímeros e de seus compósitos está ligado ao baixo custo dos materiais e à fabricação em grande quantidade. Quando os materiais poliméricos são solicitados em contatos tribológicos nota-se, muitas vezes, que a lubrificação não é necessária.

Cabe ressaltar, no entanto, que a tribologia tradicional utilizada para metais não pode ser aplicada para materiais poliméricos no mínimo por dois motivos: materiais poliméricos são viscoelásticos e suas propriedades dependem do tempo, e líquidos lubrificantes que trabalham bem para outros tipos de materiais são facilmente absorvidos por estes (BROSTOW et al., 2010).

Os polímeros podem ser classificados como termoplásticos e termofixos. Os termoplásticos têm como característica poder ser aquecidos e esfriados sem perder suas propriedades, e seus processos de fabricação são normalmente ágeis. Mas, seu limite de aquecimento é baixo, chegando no máximo a duzentos e sessenta graus célsius. Os termorrígidos ou termofixos são polímeros maleáveis apenas no momento de sua fabricação, não podendo ser reutilizados. A solicitação de temperatura, nesse caso, pode ser mais elevada. Em comparação com os termofixos, os termoplásticos são mecanicamente mais fracos e têm uma menor dureza.

Sinha (2014) cita alguns exemplos de polímeros termoplásticos, tais como: polipropileno (PP), policarbonato (PC), poliestireno (OS), polietileno de alta densidade (HDPE),

polietileno de baixa densidade (LDPE) e politetrafluoretileno (PTFE), este último conhecido também como teflon.

Sobre as mesmas condições de teste, o poliestireno (PS), também conhecido como isopor, tem desgaste maior, como mostra a figura 2.

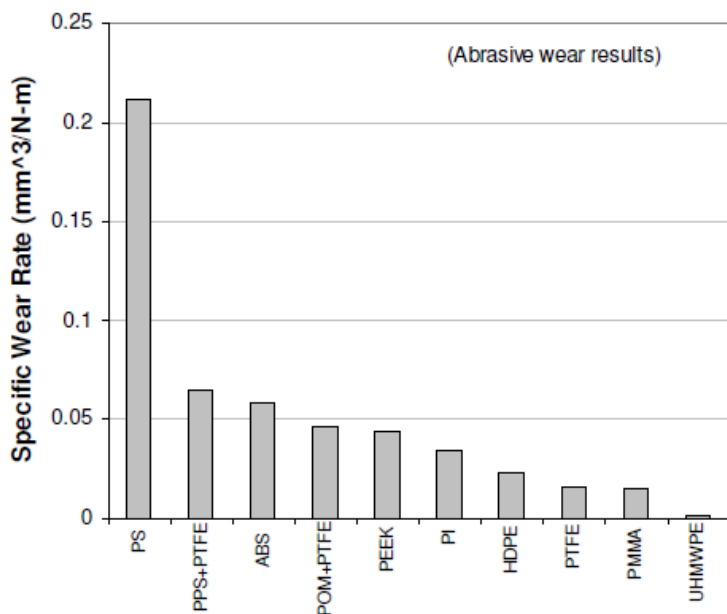


Figura 2 Desempenho de desgaste de polímeros termoplásticos.

Fonte: Sinha (2014).

Rodrigues (2006) lembra que normas internacionais proíbem o uso de determinados termoplásticos. Mas os polímeros dos grupos poli (amida amida), poli (éter éter cetona) e poli (aril sulfona) não são objeto desta proibição, podendo ser utilizados como componentes automotivos.

Dentre os polímeros termofixos podemos citar: o epóxi (DGEBA), o poliéster, a resina fenólica e o poliuretano.

Myshkin, Pesetskii e Grigoriev (2015) mostram, na tabela 1, uma importante relação entre os polímeros e suas características tribológicas, permitindo a escolha do material adequado de acordo com sua necessidade.

Optou-se, nesta tabela, por mostrar apenas três exemplos de materiais. A tabela completa pode ser encontrada na bibliografia.

Myshkin, Pesetskii e Grigoriev (2015) também relata a importância dos nanocompósitos, preenchendo o polímero com partículas de fibras, como as de carbono, incrementando suas características.

Para fins de utilização de compósitos poliméricos como anéis de pistão, então, temos as desvantagens da alta temperatura e, como diz Kawakame e Bressan (2000), de um modo geral, tanto o coeficiente de atrito como a resistência ao desgaste dos polímeros e compósitos são inferiores aos metais

Tabela 1 Polímeros e suas características tribológicas.

Material	Policarbonato	Poliacetatos	Poliiolefinas
Coeficiente de fricção	0,2 a 0,5	0,1 a 0,3	0,1 a 0,3
Temperatura de operação (C)	-60 a 125	-50 a 120	-100 a 100
Vantagens	Rigidez e resistência a agressividade	Alta resistência ao desgaste e à fadiga	Alta resistência a agressividade
Desvantagens	Baixa resistência à fadiga	Efeito abrasivo devido à alta rigidez	Baixa resistência mecânica

Fonte: adaptada de Myshkin, Pesetskii e Grigoriev (2015).

2.2 PATENTES

Patente é um título de propriedade temporária sobre uma invenção ou modelo de utilidade, outorgado pelo Estado aos detentores de direitos sobre a criação. Com este direito pode-se impedir terceiros, sem o devido consentimento, de produzir, vender, usar, importar o objeto da patente. Em contrapartida, o conteúdo técnico da matéria protegida tem de ser detalhado oficialmente (INPI, 2017a).

Como dito anteriormente, os tipos de patentes explorados por este trabalho são: Patente de Invenção (PI, validade 20 anos a partir do depósito) e Modelo de Utilidade (MU, 15 anos). Enquanto a PI especifica uma invenção que atenda aos requisitos de novidade, atividade inventiva e aplicação industrial, a MU trata da proteção a uma inovação em equipamento ou produto já existente.

Somente no ano de 2016 foram requeridos ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (Inpi) 2814 pedidos (INPI, 2017b). Trata-se de um volume considerável para o Órgão, visto que os procedimentos levam meses para ficarem prontos.

3. METODOLOGIA

Este estudo, levando-se em conta os procedimentos metodológicos de natureza, tem características de pesquisa aplicada. Se levarmos em consideração a forma de abordagem é tanto qualitativa como quantitativa, exploratória e de procedimentos técnicos, bibliográfica (GIL, 1991). É baseada na realidade como uma estrutura concreta.

Para tanto, é construído um referencial teórico com posteriores levantamentos de mercado. Finalmente constrói-se a árvore de decisão para a patente e encerra-se com as conclusões.



4. DESENVOLVIMENTO

4.1 O MERCADO DE AUTOMÓVEIS E OS ANÉIS DE PISTÃO

Segundo o site da Carsale (TOYOTA..., 2017), foram vendidos, em 2016, mais de 93,5 milhões de carros no mundo (4,4% a mais que 2015), sendo que somente o primeiro colocado vendeu mais que 10 milhões de unidades. Trata-se de um mercado extremamente agressivo onde cada tipo de equipamento, processo ou peça torna-se elemento que leva à vantagem competitiva, quer seja pelos agregados de qualidade ou pelo preço.

Carvalho (2004) lembra que a globalização da indústria automobilística tem sido caracterizada pela concentração da produção, das vendas e do comércio no interior dos principais mercados da Organization for Economic Co-Operation and Development (OCDE), pelo crescente importante papel das subsidiárias externas e do Investimento Externo Direto (IED), reforçado pelo bastante nível elevado de comércio e pela emergência de novas formas de organização da produção que dependem crescentemente das networkings e das alianças.

Este cenário corrobora a busca constante por soluções que sejam perceptíveis ao cliente. No caso da utilização de compósitos poliméricos para a construção de anéis de pistão, a busca se dá pelas características intrínsecas do possível material e não apenas por seus custos de fabricação. Se calculássemos, em um raciocínio conservador, que apenas se um quarto deste mercado se voltasse para a utilização dos referidos anéis, teríamos a necessidade de 280,5 milhões de peças (utilizando como base veículos quatro cilindros com três anéis cada), sem levar em consideração a reposição.

4.2 CUSTO DE REGISTRO DE PATENTES NO BRASIL

Os valores para o depósito de patente variam de acordo com a fase em que se encontra seu pedido e do tipo de empresa que a está requerendo (INPI, 2017c). São elas: pedido, publicação, exame técnico do pedido, deferimento e expedição de carta patente.

- Pedido: preparação e protocolo. Deve-se esperar a publicação do Inpi. A taxa cobrada para microempresas (ME), empresas de pequeno porte (EPP), microempresa individual (MEI) e Pessoa Física é de R\$ 70,00. Para as demais empresas é de R\$ 175,00.

- Publicação: a Lei n. 9.279 exige que haja esta publicação. Já incluso na taxa cobrada no pedido.
- Exame técnico do pedido: a taxa federal de exame de invenção para ME, EPP, MEI e Pessoa Física é de R\$ 236,00 – para as demais empresas é de R\$ 590,00. Já para exame de modelo de utilidade para ME, EPP, MEI e Pessoa Física é de R\$ 152,00. Para as demais empresas é de R\$ 380,00
- Deferimento: no deferimento a empresa tem de pagar a Taxa de Primeiro Decênio mais Expedição de Certificado (o valor é de R\$ 298,00 para ME, EPP, MEI e pessoas físicas e para as demais empresas é de R\$ 745,00)
- Expedição de carta patente: taxa do Inpi que é de R\$ 94,00 para ME, EPP, MEI e Pessoa Física. Para as demais empresas é de R\$ 235,00.

Os custos são, normalmente acrescidos dos honorários de empresas terceirizadas que acompanham todo o processo. Os valores colocados no estudo levam em consideração uma média deste serviço.

4.3 INVESTIMENTO EM FÁBRICAS DE COMPÓSITOS

Quando se toma a decisão de trocar anéis de pistão convencionais por aqueles feitos com compósitos, tem-se que estar consciente de que a fabricação é totalmente diferente. Em nada, praticamente, podemos aproveitar de processos de fabricação do ferro e aço. Então, tem-se que construir uma fábrica nova.

É de difícil mensuração o valor que seria gasto para se construir uma de compósitos. No entanto, perante parâmetros de mercado, para este trabalho, faremos uma estimativa utilizando como comparação uma fábrica de chassis em fibra de carbono que foi anunciada em 2017 e deve ficar pronta, com capacidade plena, em 2020.

Trata-se de um investimento de 58 milhões de euros, o que, no valor do euro de 08 de setembro de 2017 (compra, R\$ 3,7152), nos trará um valor estimado aproximado de R\$ 215.000.000,00 de reais.

Mesmo assim, a empresa calcula que economizará 11 milhões de euros por ano em comparação ao sistema atual, em que a produção das carrocerias é terceirizada.

5 CÁLCULO DA VIABILIDADE DE DEPÓSITO DE PATENTE

Para este estudo, toma-se como base a análise por milhão de peças vendidas ao ano, ou seja, 0,09% do mercado de 2016, que o veículo analisado tem porte médio, quatro cilindros e três anéis por cilindro:

- Volume de vendas do modelo atual: 1.000.000 unidades/ano.
- Valor dos anéis de pistão convencionais no mercado: R\$ 100,00/conjunto, R\$ 400,00/veículo.
- Hipótese: diminuição de preço do modelo em compósito: R\$ 50,00/veículo.
- Com base nesses valores, o modelo trará um retorno líquido anual estimado de R\$ 50.000.000,00, lembrando que o raciocínio está baseado em uma estimativa de mercado dos anéis de pistão de apenas 0,09% em 2016.

A árvore de decisão para este modelo está representada na figura 3. O valor de 50% de estimativa de probabilidade de sucesso foi alcançado através de uma premissa conservadora, levando em conta a estimativa caso o anel de pistão seja aceito pelo mercado.

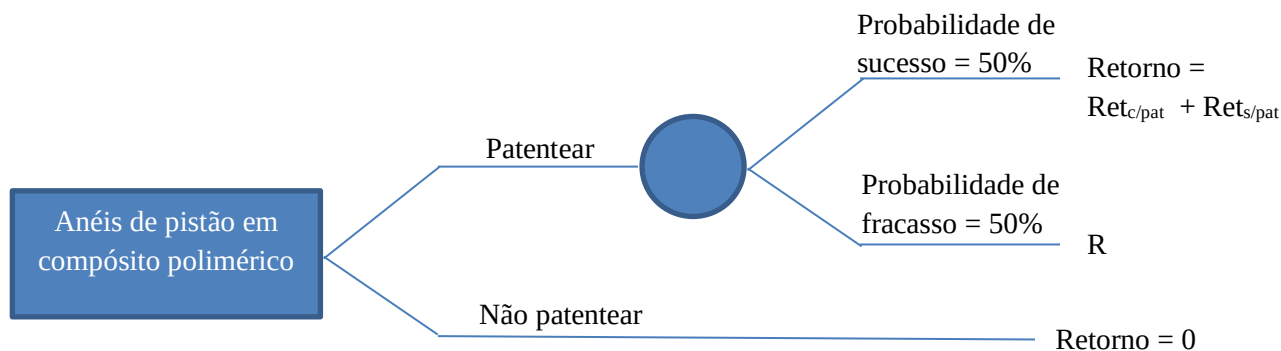


Figura 3 Árvore de decisão.

Fonte: Autor.

Os custos relativos ao depósito da patente são:

- Brasil: R\$ 11.320,00 (em 08/09/2017).
- PCT: R\$ 11.033,88 (em 08/09/2017).
- Total para 20 anos: R\$ 22.353,88.
- Receita adicional da proposta no primeiro ano: R\$ 50.000.000,00.

Cálculo do retorno econômico mínimo para viabilização do depósito de patente.

- $R_{c/pat}$: Retorno com depósito de patente.
- $R_{s/pat}$: Retorno sem depósito de patente.
- $Prob.s$: Probabilidade estimada de sucesso da proposta.
- C_p : Custo total para depósito de patente.

$$(R_{c/pat} + R_{s/pat}) \times (Prob.s) > C_p + R_{s/pat} \times (1 - Prob.s)$$

Como a proposta sem patente não garante retorno adicional, o termo “ $R_{s/pat}$ ” = zero.

$$(R_{c/pat} + \overset{0}{\cancel{R_{s/pat}}}) \times (Prob.s) > C_p + \overset{0}{\cancel{R_{s/pat}}} \times (1 - Prob.s)$$

$$R_{c/pat} > \frac{C_p}{(Prob.s)} \Rightarrow R_{c/pat} > \frac{22.353,88}{0,5}$$

$$R_{c/pat} > R\$ 44.707,76 \text{ (em 20 anos)}$$

$$R_{c/pat} = R\$ 44.706,76/20 \text{ anos} = R\$ 2.235,39/\text{ano}$$

Em 2016, os dez carros mais vendidos do planeta representaram 4.030.727 veículos.

Então, para atingir este público-alvo, em teoria, teríamos de ter, no mínimo, dez patentes.

Logo:

$$R_{c/pat} = R\$ 22.253,90/\text{ano}$$

6 CONCLUSÃO

O objetivo deste artigo foi explorar as características de materiais compósitos poliméricos, sua utilização como anéis de pistão de motores de veículos e a viabilidade do depósito de sua patente. O levantamento bibliográfico foi desenvolvido e as análises foram feitas.

A indústria automobilística é grandiosa, mas com um equilíbrio sutil. Novas tecnologias têm de ser constantemente observadas e sua viabilidade econômica calculada.

No decorrer do trabalho dados quantitativos foram levantados e adaptados, visto que ainda se carece de inventos voltados para compósitos poliméricos e sua utilização como anéis de pistão.

Percebe-se que, apesar do valor de patente ser baixo, quando se observa a diversidade de motores que são produzidos no mundo, este investimento pode ser significativo.

A partir da hipótese que a nova fábrica pode custar até R\$ 215.000.000,00 e que o retorno bruto está na faixa de R\$ 50.000.000,00 por ano, percebe-se que, linearmente, teremos o retorno sobre o investimento em 4,3 anos. O valor da patente para dez veículos representa apenas 0,04% do lucro bruto estimado.

Sugere-se, para estudos futuros, que se aprofunde nos dados quantitativos para que tenhamos referências mais abrangentes.

REFERÊNCIAS

BROSTOW, W. et al. Tribology of polymers and polymer-based composites. **Journal of Materials Education**, v. 32, n. 5-6, p. 273-290, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/234840630_Tribology_of_polymers_and_polymer-based_composites>. Acesso em: 8 set. 2017.

TOYOTA foi a marca que mais vendeu carros no mundo em 2016. **Carsale**. 23 jan. 2017. Disponível em: <<http://carsale.uol.com.br/2017/01/23/toyota-foi-a-marca-que-mais-vendeu-carros-no-mundo-em-2016>>. Acesso em: 7 set. 2017.

CARVALHO, E. G, Globalização e estratégias competitivas na indústria automobilística: uma abordagem a partir das principais montadoras instaladas no Brasil. **Gestão &**



Produção, v. 12, n. 1, p. 121-133, jan.-abr. 2004, Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v12n1/a11v12n1>>. Acesso em: 8 set. 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL – INPI. Disponível em: <www.inpi.gov.br/servicos/perguntas-frequentes-paginas.../perguntas-frequentes-patente> Acesso em: 8 set. 2017a.

_____. Disponível em: <www.inpi.gov.br/noticias/inpi-divulga-estatisticas-relativas-a-2016> Acesso em: 8 set. 2017b.

_____. Disponível em: <www.inpi.gov.br/arquivos/tabela-de-retribuicao-de-servicos-do-inpi-20170606.pdf>. Acesso em: 8 set. 2017c.

KAWAKAME, M. S; BRESSAN, J. D. Atrito e desgaste em polímeros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 14, 2000. São Pedro-SP, **Anais**. Ipen, 2000. Disponível em: <<https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbecimat/2000/Docs/TC407-017.pdf>>. Acesso em: 8 set. 2017.

MAHLE METAL-LEVE S/A. **Manual Técnico**: curso Mahle Metal-Leve de combustão interna. p. 108, 2016. Disponível em: <<http://www.mahle-aftermarket.com/media/local-media-latin-america/download-center/technical-materials/2016-04-19-manual-curso-de-motores-2016-2.pdf>>. Acesso em: 8 set. 2017.

MYSHKIN, N. K; PESETSKII, S. S; GRIGORIEV, A. Y. Polymer tribology: current state and applications. **Tribology in Industry**, v. 37, n. 3, p 284-290, 2015. Disponível em: <<http://www.tribology.fink.rs/journals/2015/2015-3/2.pdf>>. Acesso em: 7 set. 2017.

NIRMAL, U.; HASHIM, J.; LAU, S. T. W. Testing methods in tribology of polymeric composites. **International Journal of Mechanical and Materials Engineering**, v. 6, n. 3, p. 367-373, 2011. Disponível em:



<https://www.researchgate.net/publication/265478925_Testing_methods_in_tribology_of_polymeric_composites>. Acesso em: 7 set. 2017.

RODRIGUES, A. A. Investigação das características tribológicas e ambientais de termoplásticos de engenharia especiais para uso em materiais de atrito. São Paulo, 2006. 216f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Escola Politécnica de São Paulo, USP, 2006.

RYMUZA, Z. Tribology of polymers. **Archives of civil and mechanical engineering**, n. 4, v. VII, 2007. Disponível em: <<http://www.ewp.rpi.edu/hartford/~ernesto/F2012/FWM/Papers/Rymuza-Tribology-of-Polymers2007.pdf>>. Acesso em: 8 set 2017

MCLAREN constrói nova fábrica só de chassis em fibra de carbono! **SC fibras e resinas compósitos**. 10 fev. 2017. Disponível em: <<http://sccompositos.com.br/site/2017/02/10/mclaren-constroi-nova-fabrica-so-de-chassis-em-fibra-de-carbono/>>. Acesso em: 8 set. 2017

SINHA, S. K. **Tribology of polymers and their composites**: environmental effects. Slides de aula. Indian Institute of Technology Kanpur, India, 2014. Disponível em: <http://hydrogenius.kyushu-u.ac.jp/ci/event/ihdf2014/pdf/tri17_SKSinha.pdf>. Acesso em: 8 set. 2017